

网络出版时间:2014-07-30 16:13

DOI:10.13207/j.cnki.jnwfufu.2014.09.033

网络出版地址:http://www.cnki.net/kcms/doi/10.13207/j.cnki.jnwfufu.2014.09.033.html

陕西不同天然类型栓皮栎软木的主要化学组分及其利用分析

赵泾峰^{1a},冯德君^{1a},张文辉^{1b},雷亚芳^{1a},张英杰²

(1 西北农林科技大学 a 机械与电子工程学院,b 林学院,陕西 杨凌 712100;2 杨凌职业技术学院,陕西 杨凌 712100)

[摘要] 【目的】研究不同天然类型栓皮栎软木的主要化学组分,为栓皮栎的选型与培育以及充分利用栓皮栎软木资源提供理论依据。【方法】2010-07,从陕西商州区二龙山林场树龄 33~50 年的栓皮栎天然林中采剥栓皮厚度和裂纹深度不一的 4 种类型的栓皮栎软木,按照 GB/T 2677《造纸原料的化学成分测定》中的方法对软木中的抽提物、木栓脂、纤维素和木质素进行测定与分析。【结果】4 种类型栓皮栎软木的主要化学组分存在差异。抽提物总量质量分数的高低为薄皮浅裂型>厚皮深裂型>薄皮深裂型>厚皮浅裂型;木栓脂质量分数的高低为薄皮深裂型>薄皮浅裂型>厚皮深裂型>厚皮浅裂型;纤维素质量分数的高低为厚皮深裂型>厚皮浅裂型>薄皮浅裂型>薄皮深裂型;木质素质量分数的高低为薄皮深裂型>厚皮浅裂型>厚皮深裂型>薄皮浅裂型。【结论】综合分析比较主要化学组成对软木性能的影响,4 种栓皮栎类型软木的优良性依次为:薄皮深裂型>薄皮浅裂型>厚皮浅裂型>厚皮深裂型。因此从软木性能方面考虑,首选薄皮深裂型。

[关键词] 栓皮栎天然类型;软木;化学组分

[中图分类号] S781.41

[文献标志码] A

[文章编号] 1671-9387(2014)09-0078-05

Main chemical components and utilization analyses of different natural *Quercus variabilis* corks in Shaanxi

ZHAO Jing-feng^{1a}, FENG De-jun^{1a}, ZHANG Wen-hui^{1b},

LEI Ya-fang^{1a}, ZHANG Ying-jie²

(1 a College of Mechanical and Electronic Engineering, b College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2 Yangling Vocation & Technical College, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】The research aimed to study the main chemical components of different natural *Quercus variabilis* corks, and provide theoretical basis for selection and cultivation of *Q. variabilis*. 【Method】In July 2010, 4 types of corks with different thickness and crack depths were collected from 33—50 years old *Q. variabilis* natural forest in Erlongshan Forest Farm in Shangzhou, Shaanxi. Based on the approaches regulated in GB/T 2677 “Determination of chemical composition for paper-making materials”, the extracts, suberin, cellulose and lignin in corks were determined and analyzed. 【Result】There were differences in the chemical components of 4 different types of *Q. variabilis* corks. The masses of total extracts were in a decreasing order of thin bark and shallow crack type>thick bark and deep-crack type>thin bark and deep crack type>thick bark and shallow crack type. The masses of suberin were in a decreasing order

[收稿日期] 2013-06-18

[基金项目] 国家林业局林业公益性行业科研专项(201004011);国家自然科学基金项目(30872018)

[作者简介] 赵泾峰(1968—),女,陕西泾阳人,副教授,博士,主要从事木材及木材加工利用研究。

E-mail: zhaojf928@nwsuaf.edu.cn

[通信作者] 冯德君(1968—),男,甘肃靖远人,副教授,主要从事木材及木材功能性改良研究。E-mail: mcyjsfdj@nwsuaf.edu.cn

of thin bark and deep-crack type>thin bark and shallow crack type>thick bark and deep crack type>thick bark and shallow crack type. The masses of cellulose were in a decreasing order of thin bark and deep-crack type>thick bark and shallow crack type>thin bark and shallow crack type>thin bark and deep-crack type. The masses of lignin were in a decreasing order of thin bark and deep-crack type>thick bark and shallow crack type>thick bark and deep crack type>thin bark and shallow crack type.【Conclusion】Comprehensively,the superiorities of the 4 types were thin bark and deep-crack type>thin bark and shallow crack type>thick bark and shallow crack type>thick bark and deep crack type. Thus,the thin bark and deep-crack type was suggested.

Key words: natural *Quercus variabilis*; cork; chemical components

软木来源于栓皮树发达的栓皮层树皮。栓皮树种主要有产于欧洲和非洲的栓皮栎(*Quercus suber*)及产自我国的栓皮栎(*Quercus variabilis*)^[1]。栓皮栎在我国分布地域较广阔,北自辽宁南部,西从太行山到云南贡州地区,南至云南的文山、西双版纳等地,东从辽东半岛经崂山至台湾直到广东东北部的沿海地区均有分布。栓皮栎林是我国阔叶林的一个基本组成群系,在涵养水源、保持水土、增加土壤肥力等方面均有重要作用^[2-4]。栓皮栎的木材、树皮、果实及叶等均有重要的经济价值,栓皮栎软木更是我国软木资源的主要来源,因此对栓皮栎软木性能的研究是充分利用我国软木资源的当务之急。

周建云等^[5]、任耀忠等^[6]利用形态指标将陕西省分布的栓皮栎天然类型划分为厚皮浅裂型、厚皮深裂型、薄皮浅裂型和薄皮深裂型 4 种变异类型。为了更好地培育栓皮栎优良类型和利用栓皮栎软木资源,不同类型栓皮栎软木的化学组分研究是基础。前人对栓皮栎软木的化学组分也有过一些研

究^[7-10],但比较不同类型栓皮栎软木的化学组分尚未见报道。本研究在对陕西栓皮栎类型划分的基础上,对 4 种不同类型栓皮栎软木的化学组分进行了对比分析和综合评价,以期为栓皮栎类型的选择和良种培育以及栓皮栎软木的加工利用提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 材 料

1.1.1 供试软木 栓皮栎软木于 2012-07 采自陕西商州区二龙山林场栓皮栎天然林。采剥地海拔 984~1 015 m;栓皮栎树龄 33~50 年,胸径 20.5~26.6 cm。采剥后软木压平堆放,自然干燥。所采软木均为初生软木,未蒸煮。按照软木的厚薄和开裂程度分别采集厚皮浅裂型、厚皮深裂型、薄皮浅裂型和薄皮深裂型 4 种类型,每种类型采样 2 株,试样采集的详细信息见表 1。

表 1 供试栓皮栎软木的采集信息

Table 1 Collect information of tested corks from *Quercus variabilis*

试样类型 Sample type	编号 Sample number	树高/m Tree height	胸径/cm Diameter at breast height	海拔/m Height	取样高度/m Sample location	树龄/年 Tree-age
厚皮浅裂型 Thick-bark and shallow-crack type	ZYG-3	21.8	26.6	986	1.4~2.8 5.7~7.1	45
	ZYG-9	17.9	21.1	1 015	1.4~2.8	33
厚皮深裂型 Thick-bark and deep-crack type	ZYG-4	21.8	26.1	985	1.4~2.8 5.7~7.1	40
	ZYG-7	17.4	22.5	1 006	1.4~2.8	43
薄皮浅裂型 Thin-bark and shallow-crack type	ZYG-6	25.7	25.8	984	1.4~2.8 5.7~7.1	43
	ZYG-8	17.2	21.3	1 004	1.4~2.8	50
薄皮深裂型 Thin-bark and deep-crack type	ZYG-5	23.9	25.8	986	1.4~2.8 5.7~7.1	50
	ZYG-10	17.1	20.5	1 006	1.4~2.8	40

1.1.2 主要试剂 无水甲醇、无水乙醇、二氯甲烷、氯仿、无水硫酸、硫酸、氯化钡均为分析纯,甲醇钠为化学纯,以上试剂均为国药集团化学试剂有限公司

产品。

1.1.3 主要仪器 高速万能粉碎机(JP-350A-8,永康市久品工贸有限公司)、旋转蒸发仪(RE5299,上

海嘉鹏科技有限公司)、循环水式真空泵(SHZ-D(Ⅲ),巩义市英峪予华仪器厂)、电热鼓风干燥箱(102-2AB型,天津市泰斯特仪器有限公司)、分析天平(0.000 1 g,AY220,日本岛津)、索式提取器(250 mL)等。

1.2 测定项目及方法

1.2.1 试样制备 将除去外皮和内皮的软木样品粉碎,取过孔径 0.246~0.360 mm(40~60目)筛的小粒用于分析。

1.2.2 测定方法 (1)可抽提物质量分数。准确称取 3 g(精度为 0.000 1 g)样品,依次通过二氯甲烷、乙醇和蒸馏水各 150 mL 连续的索氏抽提测定抽提物,参照 GB/T 2677·6—94(造纸原料有机溶剂抽出物含量的测定)进行二氯甲烷和乙醇抽提物质量分数测定;参照 GB/T 2677·4—93(造纸原料水抽出物含量的测定)进行水抽提物质量分数测定。(2)

表 2 陕西 4 种类型栓皮栎软木的主要化学组分及其质量分数比较

Table 2 Comparison of the main chemical components and their contents of 4 types of corks from <i>Quercus variabilis</i> in Shaanxi								%
类型 Type	抽提物 Extract				木栓脂 Suberin	纤维素 Cellulose	木质素 Lignin	
	二氯甲烷抽提物 Dichloromethane	乙醇抽提物 Ethanol	水抽提物 Water	抽提物总量 Total				
厚皮深裂型 Thick bark and deep crack type	7.80	3.93	5.43	17.15	37.93	6.69	21.13	
厚皮浅裂型 Thick bark and shallow crack type	8.07	3.75	5.12	16.94	37.65	6.91	19.67	
薄皮深裂型 Thin bark and deep crack type	8.54	4.92	3.58	17.04	43.57	8.91	19.38	
薄皮浅裂型 Thin bark and shallow crack type	7.11	5.28	3.89	17.28	41.58	8.53	21.28	
均值 Average	7.88	4.47	4.51	17.10	41.18	7.76	20.37	
标准偏差 Standard deviation	0.60	0.75	0.91	0.15	1.81	1.12	0.98	
变异系数 Coefficient variation	7.58	16.68	20.13	0.86	4.38	14.47	4.81	

从表 2 可知,4 种不同类型栓皮栎软木的总抽提物质量分数不同。薄皮浅裂型的总抽提物质量分数最高,其二氯甲烷抽提物质量分数占总抽提物质量分数的 41.15%;厚皮浅裂型的总抽提物质量分数最低,其二氯甲烷抽提物质量分数占总抽提物质量分数的 47.64%;厚皮深裂型的二氯甲烷抽提物质量分数占总抽提物质量分数的 45.48%;薄皮深裂型的二氯甲烷抽提物质量分数占总抽提物质量分数的 50.12%。二氯甲烷是非极性溶剂,主要溶解的是蜡质和一些非极性物质,乙醇和水抽提的是一些极性物质,主要是酚类和多酚类。因此,从上述分析结果可以看出,薄皮浅裂型、厚皮浅裂型、厚皮深裂型栓皮栎软木的抽提物中主要是酚类、多酚类、小分子糖分和蛋白质等极性物质,薄皮深裂型栓皮栎软木的抽提物中非极性物质和极性物质几乎各占一

半。木栓脂质量分数。将除去抽提物的残渣样风干,准确称取 1.5 g(精度为 0.000 1 g)样品,采用甲醇解聚的方法^[7]来测定木栓脂的质量分数。(3)木质素和纤维素质量分数。用之前除去木栓脂的试样测木质素和纤维素的质量分数,木质素质量分数的测定参照 GB/T 2677·8—94(造纸原料酸不溶木质素含量的测定)进行,纤维素质量分数的测定采用硝酸-乙醇法进行^[10]。每种类型试样同时进行 3 次平行测定,结果取平均值。

2 结果与分析

2.1 不同类型栓皮栎软木的主要化学组分及其质量分数

陕西 4 种类型栓皮栎软木的主要化学组分及其质量分数测定结果如表 2 所示。

由表 2 还可知,木栓脂是软木中质量分数最高的物质,是软木细胞的主要组成成分。薄皮深裂型栓皮栎软木的木栓脂质量分数最高,为 43.57%;厚皮浅裂型的木栓脂质量分数最低,为 37.65%;厚皮深裂型和薄皮浅裂型栓皮栎软木的木栓脂质量分数分别为 37.93%,41.58%。软木中木栓脂的质量分数因地理位置、遗传起源、树龄和生长条件的不同而存在明显差异,但仍然是软木的主要组成成分,质量分数约为 40%^[7,11-12]。

表 2 显示,木质素在 4 种类型栓皮栎软木中的质量分数也有所不同,但差异不是很大,在 20%左右,其中薄皮浅裂型稍高,为 21.28%;薄皮深裂型最低,为 19.38%。木质素在软木中的质量分数一般在 21%~23%^[11,13]。

表2还显示,4种类型栓皮栎软木中纤维素的质量分数也有差异。2个厚皮类型的纤维素质量分数较低,分别为6.69%和6.91%;2个薄皮类型的较高,分别为8.53%和8.91%。软木中纤维素的质量分数一般不超过9%^[11]。

2.2 主要化学组分对栓皮栎软木性能的单一影响

2.2.1 抽提物 软木的抽提物是指用水或中性有机溶剂从软木中溶解出来的一类物质的总称,主要有脂肪、树脂、单宁、红粉、色素、蜡质、萜类、萜烯类等物质^[14-15]。抽提物虽然不是软木组织中的结构物质,但与软木的性质有密切关系,也影响软木的加工利用。软木细胞腔中充满单宁或树脂物质,有防腐和抵御外来细菌袭击的作用。软木细胞壁通常为棕色或黄色,主要是受细胞腔中树脂或单宁等着色物质的影响。软木中的蜡质是由脂肪酸、二元酸和羟基脂肪酸与脂肪醇、甾醇和萜烯醇组成的长链聚酯,是不溶于水的固体,其生物功能是作为生物体对外界环境的保护层,因此抽提物中蜡质的存在使软木有一定的防水功能^[7]。抽提物对软木的胶合性能和加工性能也有影响^[16-17]。抽提物可使材料表面的极性和自由能降低,在胶合界面处形成障碍而妨碍材面润湿,使胶合状况恶化,影响胶黏剂的固化或导致胶合强度降低,是阻碍软木颗粒胶合的最主要因素之一。抽提物中的多酚类物质在软木加工过程中易使切削刀具磨损。抽提物中由于色素物质的存在,也可能对软木的染色与漂白产生影响。

由表2可知,4种栓皮栎类型中,薄皮深裂型软木的二氯甲烷抽提物质量分数最高,水抽提物质量分数最低,因此其防水和防腐性能较好;厚皮浅裂型与薄皮浅裂型比较,前者二氯甲烷抽提物质量分数比后者高13.50%,水抽提物质量分数比后者高31.62%,所以厚皮浅裂类型的防水和防腐性能不及薄皮浅裂类型;厚皮深裂型软木的二氯甲烷抽提物质量分数较低,水抽提物质量分数却最高,其防水和防腐性能较差。防水和防腐性能的优劣依次为薄皮深裂型>薄皮浅裂型>厚皮浅裂型>厚皮深裂型。从抽提物对胶合性能和加工性能的影响来看,推测4种栓皮栎类型软木的胶合性能和加工性能优劣依次为厚皮浅裂型>薄皮深裂型>厚皮深裂型>薄皮浅裂型。

2.2.2 木栓脂 木栓脂是软木的特性物质,是最重要的软木组成成分。目前的研究认为,木栓脂是一种天然的脂肪族芳香环状化合物,普遍存在于植物界,最可能存在于正常植物细胞壁和受伤的植物外

部组织中,起着隔绝生物体与环境的作用^[18-19]。木栓脂主要由不饱和羟基脂肪酸组成的高分子聚酯分支组成,不可水解,不溶于水,有优良的热稳定性和化学稳定性。木栓脂中的酚类成分可防止病菌进入,而脂肪成分则能防止水分流失,有延缓植物腐败的作用。所以木栓脂在软木中的质量分数与软木的耐久性、耐腐蚀性和防虫性等密切相关。

本试验中4种栓皮栎类型软木,从木栓脂对软木性能的影响来看,4种栓皮栎类型软木优劣依次为薄皮深裂型>薄皮浅裂型>厚皮深裂型>厚皮浅裂型(表2)。

2.2.3 木质素 木质素是构成软木细胞壁的仅次于木栓脂的第2大类物质,在软木中的质量分数一般在22%左右^[8,20]。表明软木细胞也有一定程度的木质化,但软木细胞在生长过程中,新生的软木细胞很快就开始木栓化,即软木细胞的外层被产生的木栓脂所包围。木质素是强化组织,可增加细胞壁的刚性,因此在软木中木质素的质量分数增大,软木的韧性则会减小而脆性增加。

从木质素对软木性能的影响可知,4种栓皮栎类型软木优劣依次薄皮深裂型>厚皮浅裂型>厚皮深裂型>薄皮浅裂型(表2)。

2.2.4 纤维素 纤维素是构成软木细胞壁的骨架物质,在软木中的质量分数很小^[9],对软木性能的影响不如在木材中的作用大,但软木中纤维素的质量分数对软木的弹性有影响^[7]。相对而言,纤维素质量分数较高的软木弹性较差、吸水性增大;同时纤维素又是自然界虫类的食物来源,因此纤维素质量分数较高的软木,防虫性能也较差。

从纤维素对软木性能的影响可知,4种栓皮栎类型软木优劣依次厚皮深裂型>厚皮浅裂型>薄皮浅裂型>薄皮深裂型(表2)。

2.3 化学组分对不同类型栓皮栎软木性能的综合影响

在软木的主要化学组分中,木栓脂是影响软木性能的最主要化学组分,软木的低密度、高弹性、耐压、耐磨、耐腐、耐老化、不透气、不透水,以及不导电、不导热、隔声等优良性能,皆与木栓脂有关,因此,木栓脂的质量分数可作为评价软木性能的首要指标,然后依次为木质素和抽提物,纤维素因在软木中的质量分数小而影响作用较小,且木栓脂的质量分数相对越高,木质素和抽提物的质量分数相对越低,则软木的性能越优良。从表2的测定结果和上述分析可以看出,薄皮深裂型为最优类型;厚皮浅裂

型的木质素质量分数比薄皮浅裂型的低 7.57%,厚皮浅裂型的抽提物总量质量分数较薄皮浅裂型的仅低 1.97%,而薄皮浅裂型的木栓脂质量分数比厚皮浅裂型的高 9.45%,综合分析认为薄皮浅裂型的软木性能优于厚皮浅裂型,位列第 2;厚皮浅裂型的木栓脂质量分数比厚皮深裂型降低 0.74%,木质素质量分数、抽提物总量质量分数比厚皮深裂型的分别低 6.91%和 1.22%,故厚皮浅裂型的软木性能优于厚皮深裂型,位居第 3;厚皮深裂型的软木性能最差。

3 结 论

1) 4 种不同类型栓皮栎软木的抽提物质量分数不同。抽提物总量,薄皮浅裂型最高,厚皮浅裂型最低。薄皮深裂型的二氯甲烷抽提物质量分数最高,水抽提物质量分数最低;厚皮浅裂型与薄皮浅裂型相比,前者的抽提物总量比后者低,二氯甲烷抽提物质量分数和水抽提物质量分数比后者高。综合抽提物对软木性能的影响,4 种栓皮栎类型的软木性能优劣依次为薄皮深裂型>薄皮浅裂型>厚皮浅裂型>厚皮深裂型。

2) 4 种不同类型栓皮栎软木中,木栓脂的质量分数不同,从木栓脂对软木性能的影响来看,优劣依次为薄皮深裂型>薄皮浅裂型>厚皮深裂型>厚皮浅裂型。

3) 4 种不同类型栓皮栎软木中木质素的质量分数不同,从酸不溶木质素对软木性能的影响来看,优劣依次为薄皮深裂型>厚皮浅裂型>厚皮深裂型>薄皮浅裂型。

4) 4 种不同类型栓皮栎软木中纤维素的质量分数也不同,从纤维素对软木性能的影响可知,优劣依次厚皮深裂型>厚皮浅裂型>薄皮浅裂型>薄皮深裂型。

5) 不同类型栓皮栎软木的主要化学组分不同,因而性能不同。综合分析比较后认为,4 种栓皮栎类型软木的优良性依次为:薄皮深裂型>薄皮浅裂型>厚皮浅裂型>厚皮深裂型。因此,从软木性能方面考虑,首选薄皮深裂型,其次为薄皮浅裂型。但从软木的利用来看,软木的产量还与软木的厚薄有关,厚皮型的软木较薄皮型的软木得率要高,所以优良的栓皮栎软木树种类型还需进一步分析研究。

木工业发展对策 [J]. 世界林业研究, 2004, 17(5): 25-28.

Zhao G, Duan X F, Guan T, et al. Situation of cork utilization in the world and the development countermeasure of the China's cork industry [J]. World Forestry Research, 2004, 17(5): 25-28. (in Chinese)

- [2] 罗伟祥, 张文辉, 黄一钊, 等. 中国栓皮栎 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2009.

Luo W X, Zhang W H, Huang Y Z, et al. Chinese cork oak [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2009. (in Chinese)

- [3] 甘启蒙, 吕 宏. 我国软木工业发展概况 [J]. 林业机械与木工设备, 2009, 37(3): 10-12.

Gan Q M, Lü H. Development status of cork industry in China [J]. Forestry Machinery & Woodworking Equipment, 2009, 37(3): 10-12. (in Chinese)

- [4] 周建云, 林 军, 何景峰, 等. 栓皮栎研究进展与未来展望 [J]. 西北林学院学报, 2010, 25(3): 43-49.

Zhou J Y, Lin J, He J F, et al. Review and perspective on *Quercus variabilis* research [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2010, 25(3): 43-49. (in Chinese)

- [5] 周建云, 曹旭平, 张宏勃, 等. 陕西栓皮栎天然类型划分研究 [J]. 西北林学院学报, 2009, 24(1): 16-19.

Zhou J Y, Cao X P, Zhang H B, et al. Classification of natural types of *Quercus variabilis* in Shaanxi Province [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2009, 24(1): 16-19. (in Chinese)

- [6] 任耀忠, 张文辉, 周建云. 栓皮栎不同变异类型的优良性分析 [J]. 中南林业科技大学学报, 2013, 33(6): 60-63.

Ren Y Z, Zhang W H, Zhou J Y. Superiority analyses on different variant types of *Quercus variabilis* [J]. Journal of Central South University of Forestry & Technology, 2013, 33(6): 60-63. (in Chinese)

- [7] Miranda I, Gominho J, Pereira H. Cellular structure and chemical composition of cork from the Chinese cork oak (*Quercus variabilis*) [J]. J Wood Sci, 2013, 59: 1-9

- [8] 张丽丛, 雷亚芳, 常宇婷. 栓皮栎软木主要化学成分的分析 [J]. 西北林学院学报, 2009, 24(2): 163-165.

Zhang L C, Lei Y F, Chang Y T. Contents of the main chemical components of cork from *Quercus variabilis* [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2009, 24(2): 163-165. (in Chinese)

- [9] 刘艳贞. 栓皮栎软木构造及主要化学成分的分析 [D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2008.

Liu Y Z. Cork structure and chemical composition [D]. Yangling, Shaanxi: Northwest A&F University, 2008. (in Chinese)

- [10] 魏新莉, 向仕龙, 周蔚红. 3 种栓皮化学成分对其性能的影响 [J]. 木材工业, 2007, 21(6): 17-18.

Wei X L, Xiang S L, Zhou W H. Chemical composition and its effect on properties of cork from three geographical areas [J]. China Wood Industry, 2007, 21(6): 17-18. (in Chinese)

[参考文献]

- [1] 赵 戈, 段新芳, 管 恬, 等. 世界软木加工利用现状和我国软

2006,12(2):183-187.

Yuan J C,Liu C J,E S Z,et al. Effect of nitrogen application-rate and fertilizer ratio on nutrition quality and trace-elementscontents of rice grain [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science,2006,12(2):183-187. (in Chinese)

[25] 马 群,张洪程,戴其根,等. 生育类型与施氮水平对梗稻加工品质的影响 [J]. 作物学报,2009,35(7):1282-1289.

Ma Q,Zhang H C,Dai Q G,et al. Effects of nitrogen application rate and growth-development type on milling quality in *Japonica* rice [J]. Acta Agron Sin,2009,35(7):1282-1289. (in Chinese)

[26] 李国生,张 耗,王志琴,等. 氮素水平对水稻产量与品质的影响 [J]. 扬州大学学报:农业与生命科学版,2007(4):66-70.

Li G S,Zhang H,Wang Z Q,et al. Effects of nitrogen levels on grain yield and quality of rice [J]. Journal of Yangzhou University:Agricultural and Life Science Edition,2007(4):66-70. (in Chinese)

[27] 张洪程,王秀芹,戴其根,等. 施氮量对杂交稻两优培九产量、品质及吸氮特性的影响 [J]. 中国农业科学,2003,36(7):800-806.

Zhang H C,Wang X Q,Dai Q G,et al. Effects of N-application rate on yield,quality and characters of nitrogen uptake of hybrid rice variety Liangyoupeiiju [J]. Scientia Agricultura Sinica,2003,36(7):800-806. (in Chinese)

[28] 谢黎虹,叶定池,胡培松,等. 氮肥用量和施用方式对水稻“甬优 6 号”产量和品质的影响 [J]. 植物营养与肥料学报,2011,17(4):789-794.

Xie L H,Ye D C,Hu P S,et al. Effects of nitrogen fertilizer application rate and management strategy on grain yield and quality of rice variety ‘Yongyou 6’ [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science,2011,17(4):789-794. (in Chinese)

(上接第 82 页)

[11] Pereira H. Chemical composition and variability of cork from *Quercus suber* L. [J]. Wood Sci. Technol,1988,22:211-218.

[12] Pereira H. Cork: biology, production and uses [M]. Elsevier Publications, Amsterdam,2007.

[13] Silva S P,Sabino M A,Fernandes E M,et al. Cork: Properties, capabilities and applications [J]. International Materials Reviews,2005,50(6):345-365.

[14] 郑志方. 树皮化学与利用 [M]. 北京:中国林业出版社,1988.

Zheng Z F. The chemistry and application of bark [M]. Beijing:China Forestry Publishing House,1988. (in Chinese)

[15] 成俊卿. 木材学 [M]. 北京:中国林业出版社,1985.

Cheng J Q. Wood science [M]. Beijing:China Forestry Publishing House,1985. (in Chinese)

[16] 彭万喜,朱同林,郑真真,等. 木材抽提物的研究现状与趋势 [J]. 林业科技开发,2004,18(5):6-9.

Peng W X,Zhu T L,Zheng Z Z,et al. Research status and trend of wood extractives [J]. Forestry Science and Technology,2004,18(5):6-9. (in Chinese)

[17] 戚红晨. 人工林赤桉木材抽提物特性与胶合微扰机理研究 [D]. 湖南长沙:中南林业科技大学,2011.

Qi H C. Research on the characteristic of *Eucalyptus camaldulensis* extractives and the influencing mechanism on the bond performance [D]. Changsha,Hunan:Central South University of Forestry and Technology,2011. (in Chinese)

[18] 王 肖,贾 军,贾朦朦,等. 基于软木脂的高分子材料: I. 软木脂的来源、合成、结构与性能 [J]. 广州化学,2009,34(3):60-72.

Wang X,Jia J,Jia M M,et al. Suberin-based macromolecular materials: I. The source, synthesis, structure and properties of suberin [J]. Guangzhou Chemistry,2009,34(3):60-72. (in Chinese)

[19] 贾 军,贾朦朦,郑 羿,等. 基于软木脂的高分子材料: II. 软木脂的功能与应用 [J]. 广州化学,2010,35(3):57-62.

Jia J,Jia M M,Zheng Y,et al. Suberin-based macromolecular materials: II. The function and application [J]. Guangzhou Chemistry,2010,35(3):57-62. (in Chinese)

[20] Pereira H. Variability of the chemical composition of cork [J]. Bio Resources,2013,8(2):2246-2256.